

동해로 유입하는 하천과 섬진강에 서식하는 은어 *Plecoglossus altivelis*의 성장 및 산란 특징의 비교

이완옥* · 윤승운 · 김종화 · 김대희

국립수산과학원 중부내수면연구소

Comparison of Growth and Spawning Characteristics of Ayu, *Plecoglossus altivelis* in Seomjin River and Streams Flowing to the East Sea, Korea by Wan-Ok Lee*, Seung-Woon Yoon, Jong-Hwa Kim and Dae-Hee Kim (Central Regional Inland Fisheries Research, NFRDI, Cheongpyeong, Gyeonggi-do 477-815, Korea)

ABSTRACT Standard length (SL) and gonadosomatic index (GSI) of *Plecoglossus altivelis* were investigated from March to October 2007 in Seomjin River and streams flowing to the East Sea, Korea. Water temperatures were 17~23°C during the spawning season, which ran from late September to early November in Seomjin River and early August to mid-October in streams flowing to the East Sea. The GSI and HSI variations of ayu population in Seomjin River increased earlier than in populations in streams flowing to the East Sea with similar variation in water temperature. Histological study of ovaries showed that the start of spawning of *P. altivelis* in Seomjin River was later than in streams flowing to the East Sea. Overall, fecundity increased with increase in SL and not by site specificity. The SL of *P. altivelis* increased as the river scale increased. Mean length of specimens from Seomjin River (river length: 223.86 km, river area: 4,911.89 km²) was 194±15.3 mm, from Osip Stream (55.76 km, 393.78 km²) 185±15.5 mm, from Yangyang Namdae Stream (54 km, 474.08 km²) 142±11.8 mm, and from Joosoo Stream (21.1 km, 141.47 km²) 136±16.7 mm.

Key words : *Plecoglossus altivelis*, growth, spawning characteristics, GSI, HSI

서 론

은어, *Plecoglossus altivelis*는 바다빙어목 (Osmeriformes) 바다빙어과 (Osmeridae)에 속하는 어류로 우리나라를 비롯해 일본, 중국, 대만 등 동북아에 널리 분포하고 있다. 겨울철 연안에서 치어기를 보낸 은어는 봄철에 강으로 소상하여 성장하고 가을철에 강 하류로 내려와 산란을 한 후 죽는 1년생 어류로 알려져 있다 (Nishida, 1986; 김 등, 2005). 그러나 일본의 비와호 (Shiraish and Suzuki, 1962)나 안동호, 진양호, 합천호, 대청호, 옥정호, 충주호 등 국내의 일부 댐에 적응하여 서식하는 육봉형 은어도 보고된 바 있다 (최, 1995; 이, 1996; 농림부, 1998; 고 등, 2007).

당년에 산란하는 어류는 단기간에 빠르게 성장하는데, 은

어 역시 담수로 소상하는 봄철에 전장 50~60 mm이던 것이 5개월 정도 지난 가을철 산란기인 9~10월이 되면 최대 300 mm까지 빠르게 성장한다 (김, 1997). 이렇게 단기간에 성장하는 어류는 서식 환경에 영향을 많이 받는데, 특히 먹이에 가장 큰 영향을 받으며, 일시적인 영양 결핍은 짧은 기간 동안 성장하여 생식을 해야만 하는 은어에게는 아주 불리한 조건이 된다. 소상하면서 세력권을 형성하고 정착하여 하상에 붙어있는 규조류와 녹조류를 먹으면서 성장하는 은어에게 있어서, 먹이의 풍부도는 하천의 규모에 따라 많이 달라질 수 있으며, 규모가 큰 하천은 세력권을 형성하는데 필요한 경쟁을 최소화 시켜주고 안정적인 먹이 공급이 가능하게 하고, 작은 하천은 섭식 세력권을 형성하는데 개체간의 먹이 경쟁을 심화시키게 된다 (김, 1997).

국내의 은어 주 분포 지역인 동해로 유입하는 하천과 남해로 유입하는 하천은 유로연장 및 유역면적의 차이가 많

*교신저자: 이완옥 Tel: 82-31-584-0333, Fax: 82-31-589-5130,
E-mail: wanok2@yahoo.co.kr

은데, 태백산맥의 영향으로 동해로 유입하는 하천이 남해로 유입하는 하천에 비해 하천 규모가 작다. 또한 남해로 유입하는 하천인 섬진강과 동해로 유입하는 일부 하천이 하천 길이 뿐 아니라 위도상에 있어서도 뚜렷한 차이를 보이고 있지만, 지금까지 이들 하천에 서식하는 은어에 대한 비교 연구가 없어 본 연구에서는 하천의 규모 및 분포 위도의 차이가 은어의 성장과 산란에 어떠한 영향을 보이는지에 대하여 비교 조사하였다.

재료 및 방법

조사기간은 은어가 하천으로 소상하기 시작하는 2007년 3월부터 하천에서 산란을 마치는 10월까지 실시하였으며, 남해로 유입하는 하천인 섬진강과 동해로 유입하는 하천 중 은어가 서식하는 대표적 하천이며 섬진강과 비교하여 하천 규모의 차이가 있는 삼척 오십천, 양양 남대천, 강릉 주수천에서 조사하였다(Fig. 1). 조사는 월별 1회 조사를 기본으로 하였으며, 은어의 산란기로 알려진 9, 10월은 월 1회 이상 조사를 실시하였다. 그러나 조사기간 중에 2007년 7월과 8월에는 장마로 인해 하천이 범람하여, 일부 기간에 조사를 실시하지 못한 조사수역도 있었다(Table 1).

채집 지역의 위치 정보는 휴대용 GPS를 이용하여 위도

와 경도를 측정하였고, 수온 변화는 보다 일관성 있는 정보를 얻기 위해 환경부 물환경정보시스템 측정 자료를 인용하였으며(환경부물환경정보시스템, 2007), 하천규모에 관한 자료는 한국하천정보시스템에서 제공하는 자료를 사용하였다(한국하천정보시스템).

조사용 표본 채집은 각각의 시기별로 은어를 채집할 수 있는 채집도구(투망, 자망, 삼각망, 낚시)를 이용하였으며, 채집 즉시 10% 중성 포르말린 용액에 고정시켰다. 고정된 표본은 연구실로 옮겨와 성별, 전장, 체장, 체중, 생식소 무게 및 간 무게를 측정하였으며, 생식소성숙도지수(GSI)와 간중량지수(HSI)를 다음과 같이 구하였다.

$$\text{생식소성숙도지수(GSI)} = \frac{\text{생식소성숙도(g)}}{\text{체중(g)}} \times 10^2$$

$$\text{간중량지수(HSI)} = \frac{\text{간중량(g)}}{\text{체중(g)}} \times 10^2$$

또한 산란기 체장에 따른 포란수를 확인하기 위하여 각 조사지점별 표본의 생식소에서 충분히 성숙한 난을 분리하여 습중량법으로 계수하였다.

조직학적 관찰은 조사기간 동안 생식소의 월별 발달 상태를 알기 위해 섬진강에서 채집된 암컷 표본에 대하여 매월 5마리 이상 관찰하였고, 산란기에 동해로 유입하는 하천과 섬진강산 은어의 생식소 발달 차이를 비교하기 위해 섬진강의 경우 9월 10일, 동해안 하천의 경우 9월 13일에 채집된 암컷 은어의 생식소를 일반적인 Paraffin 포매법과 H/E 이중 염색을 실시하여 광학현미경(Carl zeiss Axio Imager A1)으로 관찰하였으며, 현미경 부착 Camera (AXIO-CAM hrc AXIOVISION 4)를 이용하여 촬영, 측정하였다.

결 과

1. 서식 환경

남해로 유입되는 섬진강은 우리나라의 5대강에 속하는 대형 하천으로 전북 팔공산에서 발원하여 남원, 구례, 곡성, 하동 등을 지나며 유로연장은 223.86 km에 달하며, 유역면적은 4,911.89 km²이다. 섬진강의 조사 장소는 경상남도 하

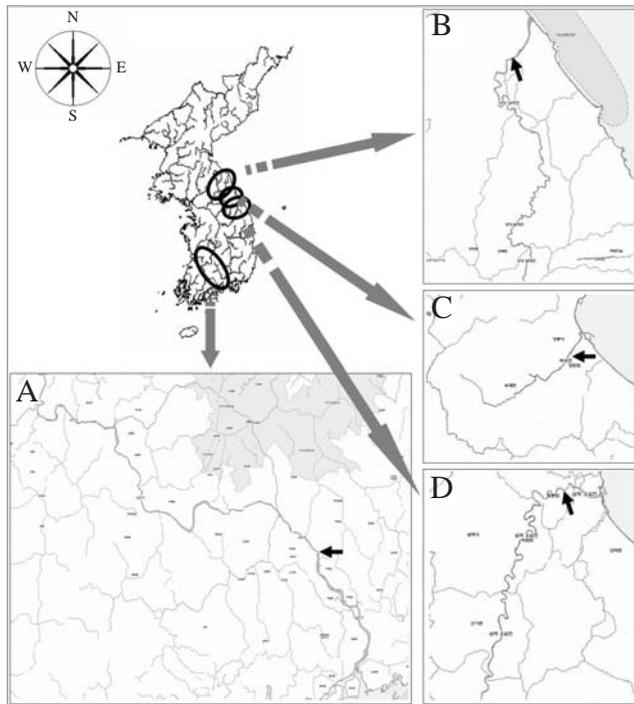


Fig. 1. Map showing the study sites (arrow) of *Plecoglossus altivelis*. A: Seomjin river, B: Namdae stream (Yangyang), C: Joosoo stream (Gangneung), D: Osip stream (Samcheok).

Table 1. Collection date of each study site in Korea, 2007

Month	Collection date			
	Seomjin river	Osip stream	Namdae stream	Joosoo stream
Mar.	—	—	—	20
Apr.	4	26	—	26
May	21	23	29	29
Jun.	—	—	—	—
Jul.	26	—	19	—
Aug.	—	30	30	30
Sep.	10	13	13, 27	13
Oct.	2, 16, 25	8	—	9

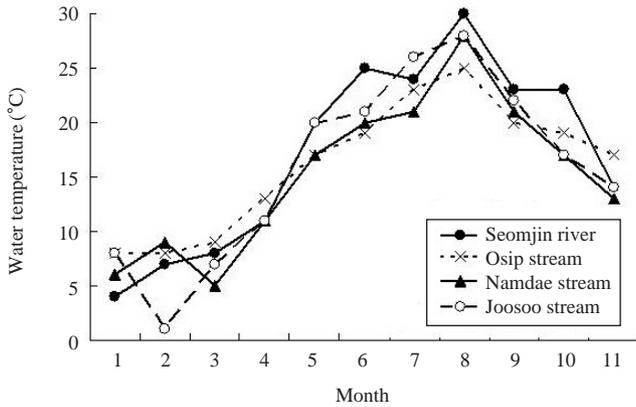


Fig. 2. Monthly changes of water temperature in the study sites.

동군 화개면으로 위도는 35° 11' 13", 경도 127° 37' 11"이었고, 수온 변화는 Fig. 2와 같다. 3월과 4월의 평균 수온은 각각 8°C와 11°C이었지만, 8월에는 30°C까지 올라갔으며 10월까지도 20°C 이상을 유지하였고 11월 이후 14°C로 낮아졌다.

삼척 오십천은 동해로 유입하는 하천중에서 비교적 유로 연장이 긴 55.76 km의 하천으로 주요 조사 수역은 강원도 삼척시 오사동이며, 유역면적은 393.78 km², 위도 37° 26' 13", 경도 129° 10' 10"이었다. 오십천의 수온 변화는, 3월과 4월에 각각 7°C, 11°C로 낮았지만 8월에 28°C로 가장 높았고 10월부터 20°C 이하로 다시 낮아졌다.

유로연장이 54 km, 유역면적이 474.09 km²인 양양 양양남대천은 삼척 오십천과 비슷한 하천 규모를 보였으나 하천 내에 설치된 많은 수의 보로 인하여 실제 은어가 서식 가능한 면적은 오십천에 비해 상대적으로 적었다. 조사수역은 강원도 양양군 양양읍으로 위도 38° 04' 29", 경도 128° 37' 49"이었다. 양양남대천은 3월 평균 수온 5°C로 조사 지역 중 가장 낮았지만, 4월에는 11°C로 다른 동해안 하천과 비슷한 수준을 유지하였다. 8월달 수온은 다른 지역과 마찬가지로 연중 가장 높게 나타났으며, 10월부터 20°C 이하로 낮아졌다.

강릉시 옥계의 주수천은 유로연장이 21.1 km, 유역면적이 141.47 km²인 전형적인 동해안의 하천으로 조사지점 중 하천 규모가 가장 작은 하천이다. 조사는 강원도 강릉시 옥계 면에서 이루어졌고, 위도 37° 36' 59", 경도 129° 02' 39"이었다. 채집지의 연평균 수온은 3월에 7°C, 4월에 11°C이었으며 8월에 가장 높은 28°C를 보였고, 양양남대천, 오십천과 같이 10월 이후 20°C 이하로 낮아졌다.

2. 체장 분포

조사 하천별로 서식하는 은어의 월별 체장 변화는 Fig. 3

과 같다. 섬진강에서는 강의 하류에서 4월 4일에 조사 중 처음으로 은어를 확인하였으며 이 때 채집된 은어의 평균 체장은 94 ± 11.0 mm (78 ~ 128 mm, n=36)이었다. 동해안 하천의 경우, 오십천에서 처음 은어가 확인된 시기는 4월 26일이었으며 평균체장은 99 ± 10.3 mm (87 ~ 121 mm, n=22)이었고, 양양남대천의 경우 5월 29일 평균체장 86 ± 20.5 mm (65 ~ 132 mm, n=20)의 은어가 확인되었다. 주수천에서는 3월 20일 평균체장 88 ± 11.5 mm (72 ~ 117 mm, n=30)의 은어가 확인되어 평균 소상체장이 50 ~ 60 mm인 점을 감안하면 섬진강 및 동해안의 하천에서는 3월과 4월 사이에 연안에서 강의 하류로 소상이 이루어지는 것으로 확인되었다.

섬진강의 은어는 7월에 평균 체장 175 ± 26.4 mm (126 ~ 227 mm, n=24)에 도달한 후 뚜렷한 체장변화를 보이지 않았지만, 동해안의 경우 세 곳 모두 8월까지 큰 폭의 길이 성장을 보였다. 양양남대천의 경우 7월 은어의 평균체장은 95 ± 11.0 mm (72 ~ 114 mm, n=30)로 8월 평균체장이 134 ± 26.3 mm (90 ~ 182mm, n=38)와 큰 차이를 보였는데, 이는 양양남대천에서는 7월까지 활발한 성장이 진행되고 있음을 보여주었다. 한편, 주수천과 오십천에서는 장마로 하천이 범람해서 2007년 7월에는 조사를 실시할 수 없었지만, 동해안의 세 하천은 모두 비슷한 성장을 보여줄 것으로 예상되었기 때문에, 양양남대천의 경우와 마찬가지로 주수천과 오십천에서도 8월까지 큰 폭의 성장률을 보여줄 것으로 예상되었다.

이 후 산란기에 접어들면서 모든 조사수역의 개체군에서 체장의 큰 변화는 보이지 않았다. 따라서 산란 후기의 체장을 비교하여 각 하천에 서식하는 은어의 성장 특징을 조사하였으며, 섬진강산 개체군의 평균 체장은 194 ± 15.3 mm (168 ~ 217 mm, n=18), 오십천산 개체군의 경우 평균체장 185 ± 15.5 mm (158 ~ 204 mm, n=6), 양양남대천산 개체군의 평균체장은 142 ± 11.8 mm (111 ~ 166 mm, n=31)이었고, 주수천산 개체군의 경우 136 ± 16.7 mm (111 ~ 177 mm, n=17)의 평균체장을 보였다.

3. 생식소성숙도지수

각 하천별 은어 개체군의 월별 생식소성숙도지수(GSI)를 비교해 보았다(Fig. 4). 7월까지 채집된 은어는 생식소 발달이 미약하고 암수구분이 어려워, 8월 이후 채집된 개체를 이용하여 생식소 성숙도를 비교하였다.

섬진강에 서식하는 은어의 경우 7월까지 평균 생식소 성숙도가 1.5% 이하였으며, 9월에 접어들면서 암수 모두 3% 내외로 증가하였고, 암컷의 경우 10월에 세 번의 채집에서 각각 6.9%, 5.9%, 10.1%를 나타내었다. 수컷 역시, 암컷에 비해서는 그 변화의 폭이 좁기는 하지만 4.7%, 2.5%,

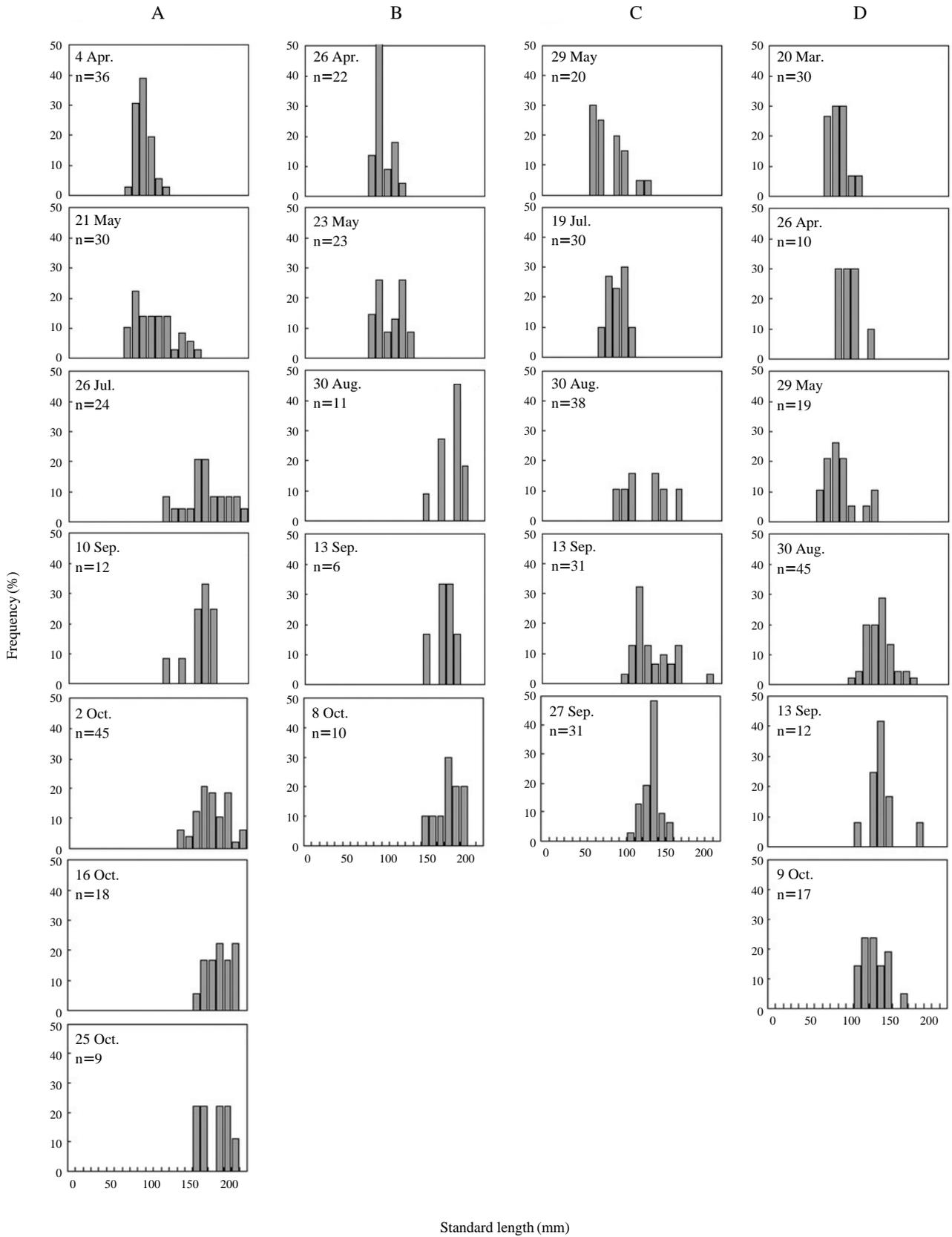


Fig. 3. Histogram showing the standard length (SL) frequency distribution of *Plecoglossus altivelis*. A: Seomjin river, B: Osip stream, C: Yangyang Namdae stream, D: Joosoo stream.

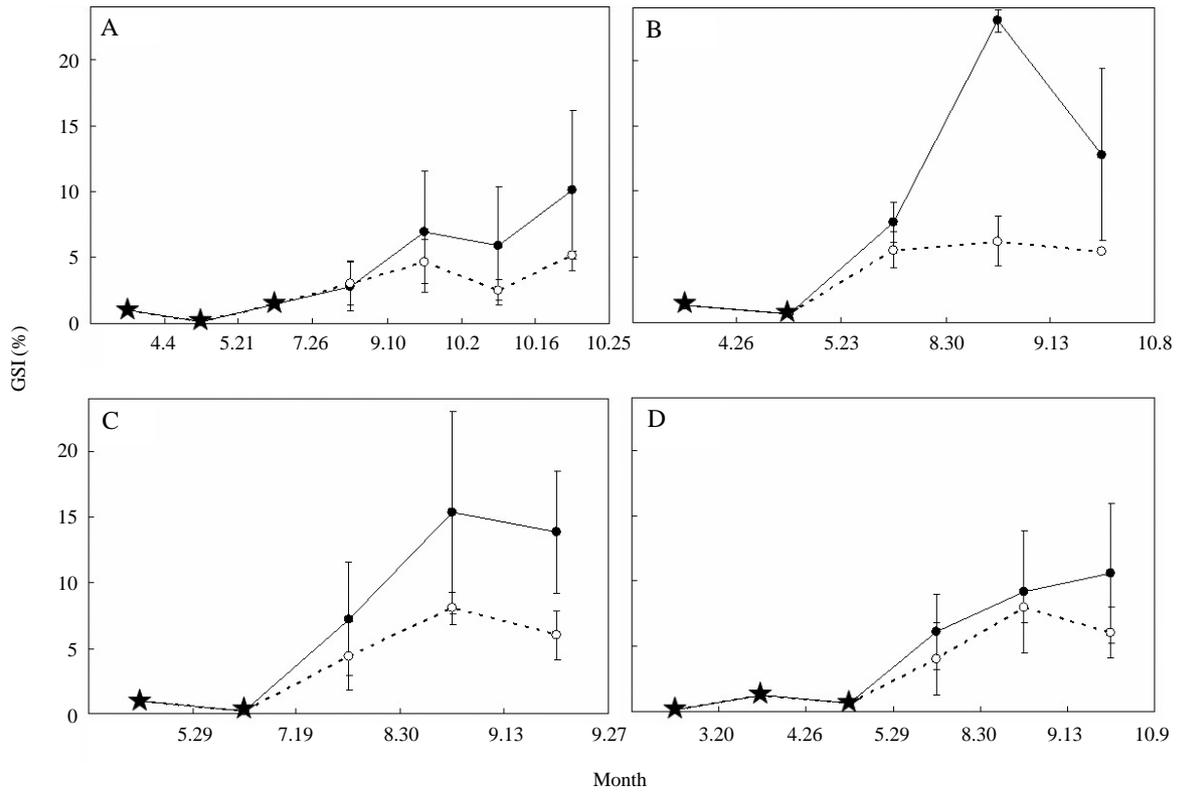


Fig. 4. Monthly changes of gonadosomatic index (GSI) of *Plecoglossus altivelis*. The diagrams indicate the mean (circle) and standard deviation (horizontal line). A: Seomjin river, B: Osip stream, C: Namdae stream, D: Joosoo stream. ★: Immature stage, ●: female, ○: male.

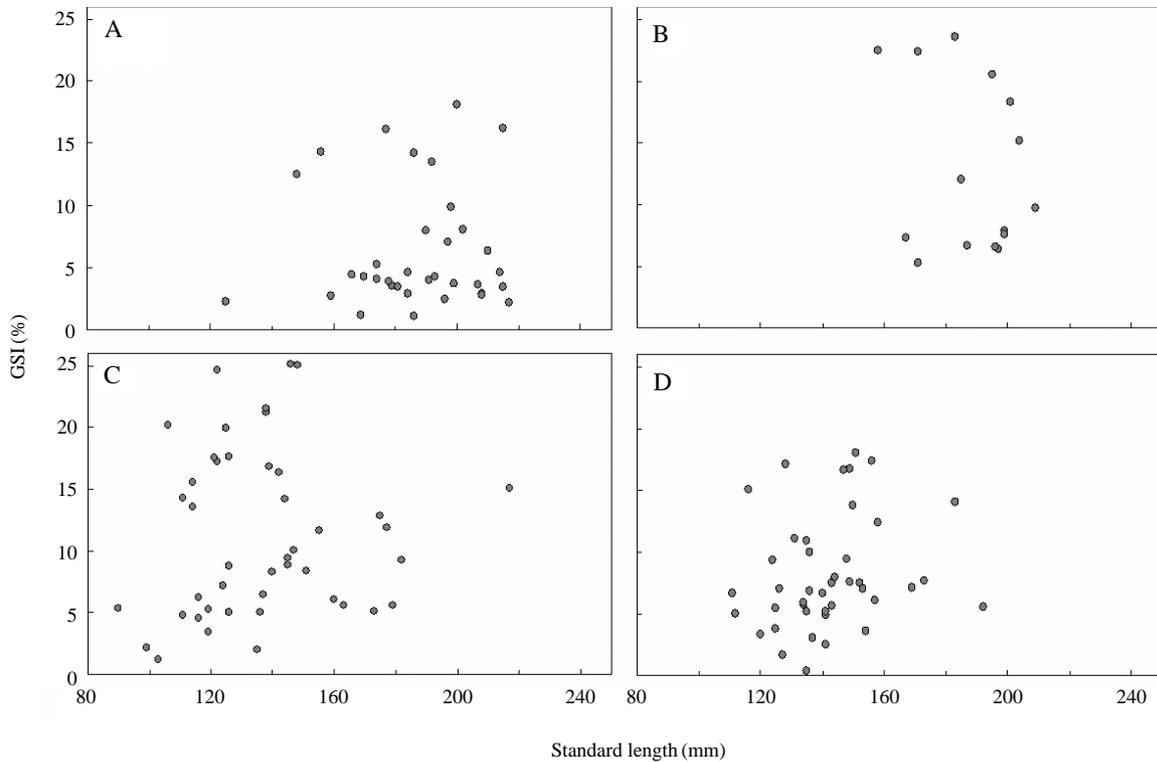


Fig. 5. Gonadosomatic index (GSI) in *Plecoglossus altivelis* according to the standard length. A: Seomjin river, B: Osip stream, C: Namdae stream, D: Joosoo stream.

5.2%로 9월 이전과는 큰 차이를 보였다.

동해안으로 유입하는 하천에 서식하는 은어는 8월이 되면서 GSI의 변화가 나타나기 시작하였으며, 3곳 모두 8월 이전에 1% 이하의 값을 가지다가 8월이 되면서 평균 6% 이상의 GSI값을 보였는데 오십천에서 채집된 암컷 은어의 경우 8월에 7.6%, 9월에 23.0%, 10월에 12.8%를 각각 나타냈고, 수컷의 GSI값은 5.5%, 6.2%, 5.4%를 보였다. 9월의 암컷 GSI값이 23.0%로 매우 높게 나왔는데 이는 9월 조사에서 채집된 암컷이 성숙한 2마리로, 대표성을 가질 수 없어 추후 검토가 필요하였다. 양양남대천에서 채집된 암컷 은어의 월별 GSI값의 변화는 8월에 7.2%, 9월 1차 조사 때 15.3%, 2차 조사 때 13.8%를 각각 나타냈으며, 수컷은 4.4%, 8.0%, 6.0%이었다. 주수천의 경우 8월에 6.1%, 9월에 9.2%, 10월에 10.6%로 암컷에서 나타났고, 수컷은 월별로 4.0%, 8.0%, 6.0%이었다.

산란시기에 암컷의 체장별 GSI 값의 변화는 Fig. 5와 같으며 지역에 따른 뚜렷한 차이는 보이지 않아서 GSI의 차이가 체장이나 지역에 따른 차이가 아니라 산란시기에 따른 차이로 나타났다. 포란수도 하천별로는 차이를 보이지 않았으며, 전체적으로 체장에 비례하여 포란수도 증가하였다(Fig. 6).

4. 간중량지수

간중량지수는 생식소의 성숙과 깊은 관련이 있는데 각 하천의 월별 간중량지수 변화를 보면 Fig. 7과 같았다.

암컷 간중량지수의 월별 변화는 조사지역 네 곳에서 전체적으로 산란기에 들어가기 전 평균 0.84~1.23%이었으나, 성적으로 성숙하여 암수구분이 가능한 시기에 조사한 결과 산란기가 시작되면서 급격한 증가를 보였는데, 섬진강

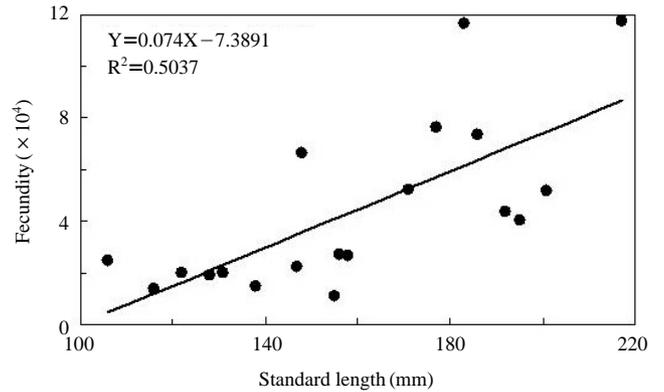


Fig. 6. Composition of fecundity by standard length of *Plecoglossus altivelis*.

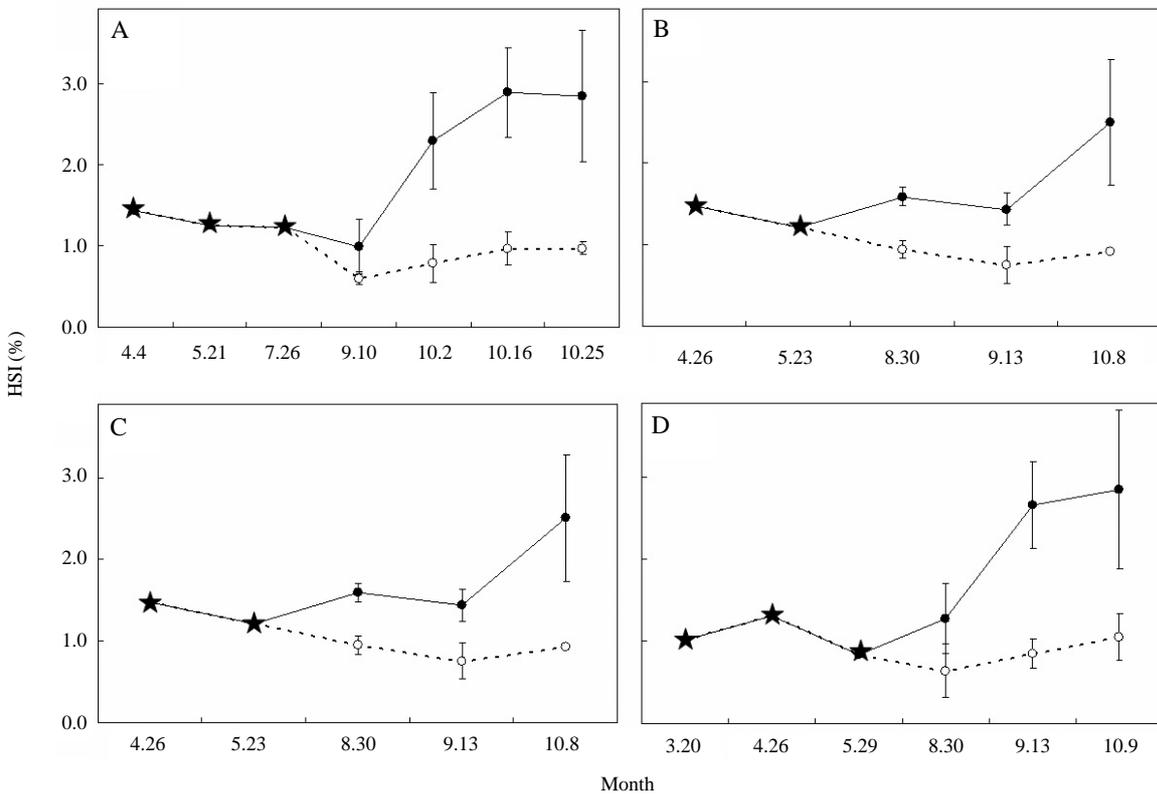


Fig. 7. Monthly variations of the hepatosomatic index (HSI) of *Plecoglossus altivelis*. A: Seomjin river, B: Osip stream, C: Namdae stream, D: Joosoo stream. ★: Immature stage, ●: female, ○: male.

의 경우 산란기가 시작되는 시기인 10월 초에 2.3%를 나타냈고 동해안 하천의 경우 8월말 조사에서 오십천은 1.6%, 양양남대천은 1.7%, 주수천은 1.3%를 각각 나타냈다. 간중량지수는 섬진강에서 산란성기인 10월 중순 이후에도 평균 2.8% 이상을 유지하였고, 동해안으로 유입하는 하천도 산란성기 동안에 각각 최고 2.5%, 1.8%, 2.8%까지 높아지면서, 암컷의 GSI값 변화와 비슷한 경향을 보였다. 섬진강의 경우 10월 초에, 동해안 하천의 경우 8월말에 산란기가 되면서, GSI값이 증가하는 시기와 함께 HSI값도 같이 증가하는 것이 확인되었다.

수컷의 경우 전 조사지점에서 뚜렷한 변화를 보이지 않고 1% 내외로 유지되어 미성숙시기와 유사하거나 낮게 나타났다.

5. 성 비

각 조사지점에서 채집된 조사시기별 은어의 성비는 Table 2와 같으며, 섬진강의 경우 산란초기인 9월 10일에 암수 비율이 1:1.4로 수컷이 더 많았고, 산란성기에는 1:2.4까지 높아졌으나, 산란후기가 되면서 수컷의 수는 줄어들어 10월말에는 1:0.3까지 떨어졌다. 그러나 전체적으로 암수 비는 1:1.3으로 수컷이 약간 많았다. 오십천에서도 산란초기와 성기에는 1:1.8, 1:2로 수컷이 우세하였으나 산란후기가 되면서 1:0.1로 암컷이 많이 채집되었고, 전체적으로는 1:0.8로 암컷이 우세하였다. 양양남대천의 경우 산란기가 시작되는 8월 30일에 1:0.9로 비슷하였던 것이 산란후기에 가서는 1:2.1로 수컷의 수가 많아져서 섬진강, 오

십천과는 차이를 보였지만, 전체적으로 수컷이 약간 많이 채집되었다. 주수천의 경우 산란초기인 8월 30일에 1:1.3로 수컷이 많았으나 시간이 경과하면서 1:0.7, 1:0.5의 비율을 보이면서 수컷이 점점 줄어드는 모습을 보였고, 전체적으로는 1:0.9로 암컷이 약간 우세하였다. 조사기간 중 총 채집된 은어의 암수 비율은 1:1.1로 수컷이 약간 많았으나, 그 차이는 크지 않아서 전체적으로 1:1의 암수 비율을 보이는 것으로 나타났으며, 특히 산란초기에는 수컷이 우세하다가 산란후기에 접어들면서 수컷의 비율이 급격히 감소함을 보여주었다.

6. 조직학적 관찰

산란기인 9월 암컷 은어의 생식소를 조직학적으로 비교하여 보면 (Fig. 8), 섬진강에서 채집된 개체와 동해안에서 채집된 개체 사이에서 차이점을 보였는데, 섬진강에서 채집된 은어의 난모세포에서는 난황구의 발달이 미약하고 300 μm 정도의 작은 난모세포들이 관찰되는 등 전체적으로 후기 성장기 및 성숙기적인 특징을 많이 보인 반면, 동해안에 서식하는 은어의 난모세포는 크기가 대부분 500 μm 이상이었으며, 세포질이 난황구로 균일하게 채워져 있었고, 일부 난모세포에서 핵이 동물극 쪽으로 이동한 모습이 관찰되는 등 완숙기 및 산란기 때 생식소의 모습을 더욱 많이 보여서, 섬진강산 은어보다 동해안으로 유입하는 하천에서 채집된 은어의 산란시기가 빠른 것을 보여주었다.

섬진강산 암컷 은어의 월별 생식소 발달 과정을 보면 (Fig. 9), 4월, 5월, 7월 난모세포는 큰 차이 없이 초기 성장기 난소의 모습을 나타냈는데 주로 염색인기, 주변인기 난모세포로 이루어져 있었다 (Fig. 9A, B, C). 9월이 되면서 유구와 호산성의 난황을 가지는 난모세포의 비율이 급격하게 증가하여 대부분을 차지하였고, 난경도 300 μm 이상으로 커졌다 (Fig. 9D). 10월 초순의 난모세포는 성숙기에 접어들었으며, 세포질은 난황으로 균일하게 채워져 있었고, 난경은 500 μm에 이르렀다 (Fig. 9E). 중순이 되면서 난모세포의 핵막은 불규칙해지고, 동물극 쪽으로 핵이 이동하는 모습을 관찰하였다 (Fig. 9F). 완숙기 및 방란기인 10월말 일부 난소에서는 산란이 이루어진 흔적을 찾을 수 있었으나, 산란 직전의 난모세포가 대부분이었다 (Fig. 9G).

고 찰

위도에 의한 수온 차이가 은어의 산란시기 결정에 미치는 영향과 하천의 길이와 은어의 체장 변화와의 관련성에 대해 조사한 결과, 본 조사에서도 은어의 산란기는 주로 9~10월이었으며, 이 때 수온이 17~23°C로 이전 안동호나

Table 2. Monthly variation in sex ratio of *Plecoglossus altivelis* in Korea, 2007

Stream	Date	No. of female	No. of male	Sex ratio (M/F)
Seomjin river	10 Sep.	5	7	1.4
	2 Oct.	14	34	2.4
	16 Oct.	12	6	0.5
	25 Oct.	7	2	0.3
Sub total		38	49	1.3
Osip stream	30 Aug.	4	7	1.8
	13 Sep.	2	4	2.0
	8 Oct.	9	1	0.1
Sub total		15	12	0.8
Namdae stream	30 Aug.	20	18	0.9
	13 Sep.	14	17	1.2
	27 Sep.	10	21	2.1
Sub total		44	56	1.3
Joosoo stream	30 Aug.	20	25	1.3
	13 Sep.	7	5	0.7
	9 Oct.	11	6	0.5
Sub total		38	36	0.9
Total		135	153	1.1

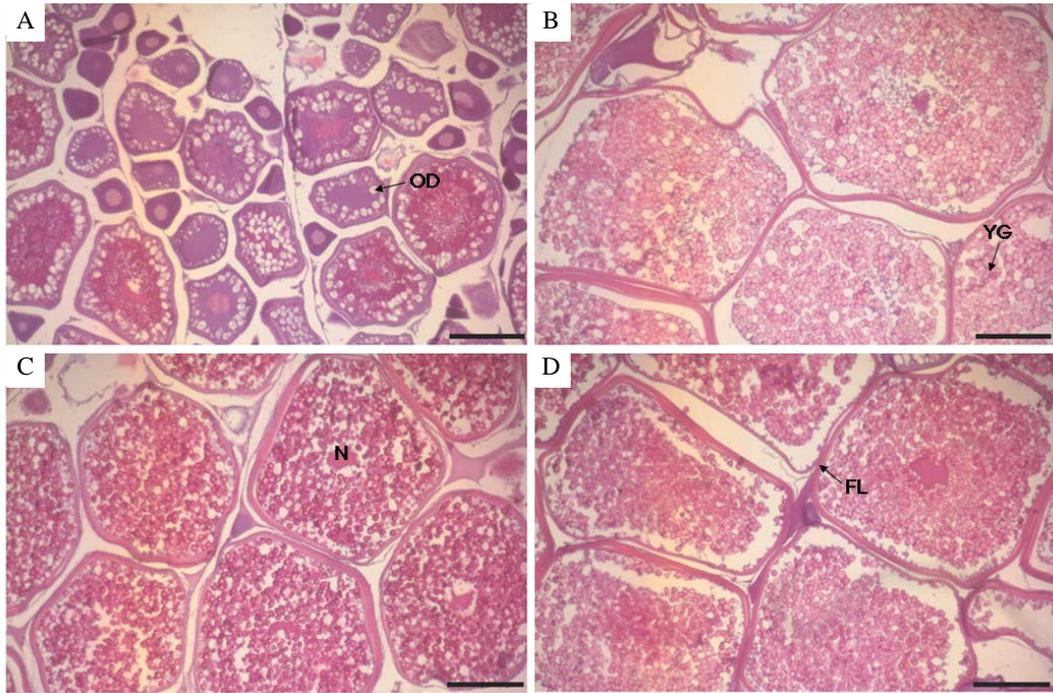


Fig. 8. Comparison of ovary in *Plecoglossus altivelis*, September 2007. A: Seomjin river, B: Osip stream, C: Namdae stream, D: Joosoo stream. Fl: follicle layer, N: nucleus, OD: oil droplet, YG: yolk globule. Scale bars=200 μ m.

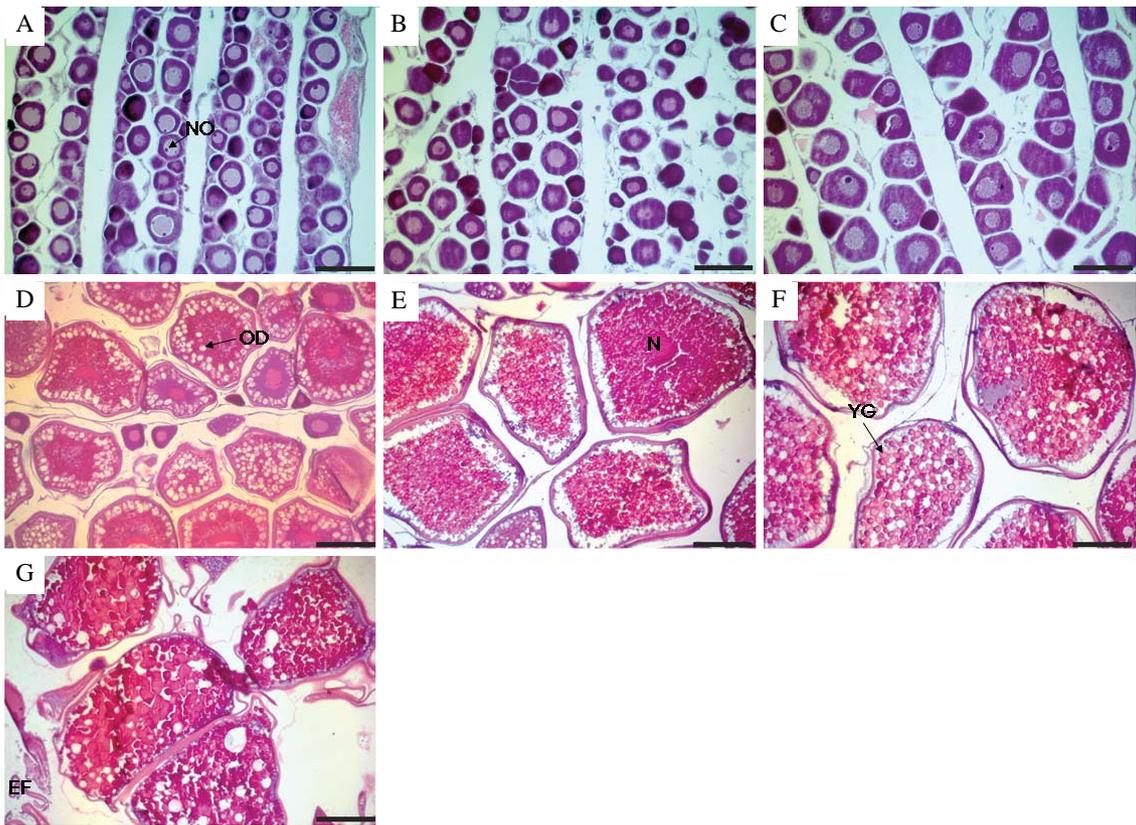


Fig. 9. Histological changes of ovary in ayu, *Plecoglossus altivelis* in Seomjin river. A: 4 April, B: 21 May, C: 26 July, D: 10 September, E: 2 October, F: 16 October, G: 25 October. EF: empty follicle, N: nucleus, NO: nucleolus, OD: oil droplet, YG: yolk globules. Scale bars=200 μ m.

다른 수역에서의 연구결과와 큰 차이를 보이지 않았다(농림부, 1998). 그러나 하천별 산란시기를 비교하면, 섬진강의 경우 9월까지 뚜렷하게 성적으로 성숙되지 않았으나, 10월에 접어들면서 암수 모두 생식소 속도지수가 급격히 증가하는 것으로 확인되었다. 이는 10월 한 달 동안 지속적으로 유지되면서 10월 말까지도 계속 산란이 이루어지고 있었으며, 10월 25일 채집된 은어의 경우 산란전인 일부 개체가 높은 GSI값을 보이고 있어서 섬진강 은어의 산란은 9월 하순부터 본격적으로 시작하며 11월 초순까지 지속되었다. 이에 비하여 동해안으로 유입하는 세 하천은 비슷한 위도와 수온변화를 보이고 있으며 이에 따라 산란시기도 비슷하였다. 8월 이전까지 암수 모두 매우 낮은 GSI값을 보이다가 8월이 되면서 증가하기 시작하였고, 9월이 되면 가장 높은 값을 나타내었다. 10월이 되어 대부분의 산란이 끝나면서 GSI값이 점차 낮아지는 것이 확인되었다. 그러나 10월 초순 주수천에서 채집된 암컷의 GSI값이 9월보다 높은 값을 보이기도 하였는데, 이 때 채집된 개체는 소수이고 산란이 완전히 끝난 일부 암컷이 확인되어 산란 후기에 도달한 것으로 보였다. 따라서 동해안으로 유입하는 하천에 서식하는 은어의 산란 시기는 섬진강보다 빠른 8월 하순에 시작하여 10월 중순까지 이루어지고 있었다.

이러한 결과는 각 조사지점의 수온변화와 매우 밀접한 관련이 있었으며, 섬진강의 수온은 8월 달에 30°C로 최고값을 나타낸 후 점차 떨어지기 시작하여 산란기로 추정되는 9, 10, 11월에는 각각 23, 23, 14°C로 낮아졌으며, 동해안 하천에서도 공통적으로 8월에 수온이 가장 높아져서, 오십천의 경우 8월에 25°C를 기록한 후 9월과 10월에 20°C와 19°C로 낮아졌고, 양양남대천은 8월 28°C를 기록하고 9월에 21°C, 10월에 17°C로 낮아졌다. 주수천 역시 8월에 28°C로 가장 높았다가 9월과 10월에 각각 22°C, 17°C를 나타내었다. 수온과 GSI값의 변화를 통하여 산란기를 예상해보면 수온이 17°C에서 23°C사이에 산란이 이루어지고 있음을 알 수 있는데, 이는 지금까지 알려진 은어의 산란기 수온인 17~20°C와 매우 유사하였고, 특히 17°C 이하의 수온에서는 모든 은어들이 산란을 완료되고 있었다.

어류에 있어서 간은 암컷의 산란과 깊은 관련이 있는 것으로 알려져 있는데, 간에서는 생식에 필요한 에너지를 제공할 뿐만 아니라 난황단백질의 전구물질인 vitellogenin을 합성시키고 이것이 생식에 직접 작용하는 것으로 보고되어 있다(Aida *et al.*, 1973). 따라서 간의 무게가 증가하는 것은 생식소 형성에 필요한 에너지가 늘어났다는 것과 함께 전구물질의 생성이 활발히 일어났다는 것을 의미한다. 일부 어종에서 간중량지수와 생식소성숙도지수가 대조적으로 변하는 모습을 관찰할 수 있는데, 이는 어종에 따라 생식소 발달에 요구되는 에너지원이 서로 다르기 때문일 것으로 알려진 바 있다(전 등, 2003). 본 조사에서 연구한 은어의

경우는 Fig. 4와 Fig. 7에서 보는 바와 같이 삼치(백 등, 2007)나 흰점독가시치(황 등, 2004)처럼 생식소성숙도지수와 간중량지수가 유사하게 변하였다. 그러나 산란 후 어미가 죽는 은어와 달리 다회산란 어류인 삼치와 흰점독가시치는 산란기 때 증가하였던 HSI 수치가 산란기를 지나면서 점차 떨어지는 경향을 나타내어 산란에 필요한 에너지에 대한 소비를 줄이는 것을 보여주었다. 은어의 경우는 산란 후기에 간중량지수값이 일정하게 유지되거나 일부 경우 오히려 약간이나마 증가하는 모습을 보이는데, 산란 후 바로 죽는 1년생 어류인 은어에게 있어서 산란기 이후의 에너지 효율을 고려해야 할 이유가 없기 때문인 것으로 사료되었다.

은어의 성장은 하천규모와 매우 밀접한 관련이 있었는데 산란 후기에 완전히 성장한 은어의 체장을 비교하여 보면 가장 긴 하천규모를 가지고 있는 남해로 유입하는 하천인 섬진강(유로연장: 223.86 km, 유역면적: 4,911.89 km²)의 은어가 가장 큰 체장인 194±15.3 mm이었고, 동해로 유입하는 하천 중에 큰 하천규모를 가지고 있는 오십천(유로연장: 55.76 km, 유역면적: 393.78 km²)의 경우 섬진강보다 작은 185±15.5 mm의 평균체장을 보였다. 양양남대천(유로연장: 54 km, 유역면적: 474.09 km²)에 서식하는 은어는 섬진강과 오십천에 서식하는 은어에 비해 작았으며, 평균체장은 142±11.8 mm이었고, 하천의 규모가 가장 작은 주수천(유로연장: 21.1 km, 유역면적: 141.47 km²)의 경우 136±16.7 mm의 평균체장을 보였다. 은어의 체장은 하천 규모에 의해서만 전적으로 이루어지는 것은 아니지만, 먹이 경쟁과 세력권 형성에 있어 가장 영향을 많이 받는 요인이기 때문에 하천의 유로연장 및 유역면적은 은어의 성장에 큰 영향을 주는 환경요인이 되는 것으로 나타났다(Fig. 3).

하천 별로 체장의 차이에도 불구하고, 생식소 성숙이나 크기별 포란수에서는 집단별로 뚜렷한 차이점을 보이지 않았으며, 약간의 차이는 특정 지역에 따른 차이라기보다는 개체의 크기에 따른 차이였다. 특히 동해안에 서식하는 일부 은어들은 작은 체장임에도 섬진강의 은어들과 비슷한 수준의 포란수를 가지고 있었는데, 이는 생식소 성숙과 개체 성장에 필요한 영양분을 충분히 공급받지 못하였을 때, 개체 성장보다는 생식소 성숙에 더 많은 에너지를 투자한다는 것을 보여주는 것이었다. 본 조사에서는 Fig. 6에서 보는 바와 같이 충분히 성숙한 은어의 평균 포란수(n=19)는 44,022±32,783 (10,783~117,711)개로 육봉형인 옥정호(고 등, 2007)에 서식하는 은어의 40,119±22,564 (14,283~91,500)개와는 유사하였으나, 김(1997)의 9,359~55,000개인 것과 차이를 보였다.

본 연구에서 산란기의 진행에 따른 은어 성비는 차이를 보였으며, 특히 산란초기에는 수컷이 전체적으로 많았으나 산란후기에는 수컷이 줄어드는 경향을 보였고, 전체적으로

는 1:1의 성비를 유지하였다. 이는 산란 초기와 산란 후기에 암수가 가지는 산란특성의 차이 때문일 것으로 사료되었다. 그러나 옥정호 육봉형 은어의 성비가 1:2.7인 것과는 차이를 보였다(고 등, 2007).

산란시기를 비교하기 위하여 9월 중순 암컷 은어의 생식소 발달단계를 비교하여 보면 섬진강산 은어의 경우에는 산란기 직전이었으며, 동해안산 은어는 이미 산란기에 접어들었음을 확인하였다(Fig. 8). 섬진강산 은어의 월별 생식소 변화와 동해안산 은어의 9월 생식소 발달단계를 비교해 본 결과 섬진강산 은어의 10월 초순 및 중순 때의 난소와 동해안산 은어의 9월 초순 때의 난소가 유사하여 섬진강산 은어가 동해안산 은어에 비해 한 달 정도 늦게 산란기에 접어드는 것으로 확인되었으며, 이는 GSI값의 변화로 추정할 수 있다. 산란기와 유사하였는데, 이러한 조직학적 실험의 결과로 섬진강산 은어의 경우 9월 초반에 성숙기에 있으므로 산란기의 시작은 9월 후반이나 10월 초순이고, 동해안 하천에 서식하는 은어는 9월에 생식소가 이미 완숙단계에 있는 것으로 보아 산란은 8월 말부터 시작된 것을 알 수 있었다.

은어 개체군의 성장 비교에서 낙동강 집단과 제주도 집단의 평균 체장은 각각 153.7 mm, 118.6 mm으로 보고되었으며(김, 1970), 본 조사에서 섬진강산 은어는 평균 체장이 194 mm이고 동해안으로 유입하는 하천은 136~185 mm인 것을 종합하여 고려하면, 체장의 차이는 유전적 차이라기보다 환경요인에 의한 차이로 보이지만, 동일한 계통군 내의 서식환경 차이에 의한 것임을 확인하기 위해서는 보다 정밀한 사육시험이나 유전학적 분석이 추가되어야 할 것으로 사료되었다.

요 약

섬진강과 동해로 유입하는 하천인 오십천, 양양남대천 및 주수천에서 2007년 3월부터 10월까지 은어를 채집하여 체장분포와 생식소 성숙도를 조사 비교하였다. 조사 결과 산란시기에 수온은 17~23°C사이였으며, 평균 수온이 높은 섬진강산 은어는 9월 하순 부터 11월 초순 사이에 산란이 이루어졌고, 동해로 유입하는 하천에 서식하는 은어집단들은 그보다 1개월 빠른 8월 하순부터 10월 중순에 주로 산란이 이루어졌다. GSI와 HSI의 변화 역시 수온변화와 유사하게, 섬진강산 은어가 동해안산 은어보다 먼저 증가하였다. 동일시기에 성숙한 암컷 생식소의 조직학적 관찰에서도 섬진강에 서식하는 은어집단에서 동해안에 분포하는 은어집단에 비해 늦게 산란기에 도달하는 것을 확인하였다. 포란수는 조사지점별로 차이를 보이지 않았으며 체장에 비해 증가하였다. 조사된 은어의 집단별 체장의 차이는 하천의 길이에 따라 증가하였으며, 하천규모가 긴 섬진강

(유로연장: 223.86 km, 유역면적: 4,911.89 km²), 오십천(55.76 km, 393.78 km²), 양양남대천(54 km, 474.09 km²), 주수천(21.1 km, 141.47 km²) 순으로 194±15.3 mm, 185±15.5 mm, 142±11.8 mm, 136±16.7 mm를 나타내 차이를 보였다.

사 사

본 연구는 국립수산과학원 중부내수면연구소 경상과제인 「포획·채취금지관련 규정 검토 대상종(은어)에 관한 연구」사업의 일환으로 수행되었으며, 간행물등록번호는 RP-2008-FR012호입니다. 본 조사기간 동안 현지조사에 협조하여 주신 중부내수면연구소 홍관의 연구관님을 비롯하여 변덕규, 김경환, 박중용, 전형배님을 비롯한 직원 여러분들에게 감사를 표합니다.

인 용 문 헌

- 고명훈 · 김익수 · 박종영 · 이용주. 2007. 옥정호 육봉형 은어 *Plecoglossus altivelis* (Plecoglossidae)의 서식분포와 생태. 한국어류학회지, 19: 24-34.
- 김을배. 1970. 제주도 및 낙동강산 은어군의 형태 측정학적 분석. 한국수산학회지, 3: 228-232.
- 김익수. 1997. 한국동식물도감, 제37권 동물편(담수어류). 교육부, 629pp.
- 김익수 · 최 윤 · 이충렬 · 이용주 · 김병직 · 김지현. 2005. 원색 한국어류대도감. 교학사, 615pp.
- 농림부. 1998. 담수에서의 은어 종묘생산 기술 개발. 국립수산진흥원 진해내수면연구소, 169pp.
- 백근옥 · 김재원 · 허성희 · 박주면. 2007. 부산 주변 해역에 출현하는 삼치(*Scomberomorus niphonius*) 암컷의 성숙과 산란. 한국수산학회지, 40: 248-253.
- 이계안. 1996. 한국산 은어, *Plecoglossus altivelis*의 생물학적 특성 및 영양생리. 부산수산대학교 대학원 박사학위논문, 144pp.
- 전제천 · 심두생 · 김용호 · 정의영. 2003. 한국 서해산 돌가자미, *Kareius bicoloratus*의 성 성숙. 한국어류학회지, 15: 259-271.
- 최기철. 1995. 봉화군 일대에서 서식하는 육봉형 은어의 생태 조사. 봉화군, pp. 5-6.
- 황형규 · 박창범 · 강용진 · 이종하 · 노 심 · 이영돈. 2004. 흰점독가시치(*Siganus canaliculatus*)의 생식소 발달 및 생식주기. 한국수산학회지, 37: 393-399.
- 한국하천정보시스템. <<http://river.kwater.or.kr/garam/>>.
- 환경부물환경정보시스템. <<http://water.nier.go.kr/>> (2007).
- Aida, K.P., V. Nagama and T. Hibiya. 1973. Physiological studies on the gonadal maturation of fish. I. Sexual difference in

- composition of plasma protein of ayu in relation to gonadal maturation. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 39: 1091-1106.
- Nishida, M. 1986. Geographic variation in the molecular, morphological and reproductive characters of the ayu, *Plecoglossus altivelis* (Plecoglossidae) in the Japan Ryūkyū Archipelago. Japan. J. Ichthyol., 33: 232-248.
- Shiraishi, Y. and N. Suzuki. 1962. The spawning activity of ayu-fish, *Plecoglossus altivelis*. Freshwater Annual Report, 12: 83-107. (in Japanese)